

УДК 37.014.544.4

*БОГДАН ЯШАН, доктор філософії з математики, асистент кафедри диференціальних рівнянь, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Україна  
ORCID ID 0000-0003-2521-2432  
b.yashan@chnu.edu.ua*

*НАТАЛІЯ СКРИПНИЧУК, учитель вищої категорії, учитель інформатики, Чернівецький багатопрофільний ліцей № 4 Чернівецької міської ради, Україна  
skripni4yk.natalia@gmail.com*

## ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ 3D ДРУКУ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ ЯК ЕЛЕМЕНТ STEM ОСВІТИ

*BOHDAN YASHAN, Doctor of Philosophy in Mathematics, assistant of the Department of Differential Equations, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Ukraine  
NATALIIA SKRYPNYCHUK, teacher of the highest category, computer science teacher, Chernivtsi Multidisciplinary Lyceum № 4 Chernivtsi City Council, Ukraine*

## APPLICATION OF 3D PRINTING TECHNOLOGIES IN THE EDUCATIONAL PROCESS AS AN ELEMENT OF STEM EDUCATION

У статті розглянуто застосування технології 3D друку в освітньому процесі. Проаналізовано дослідження сучасних науковців у сфері 3D технологій і розширено спектр застосування 3D друку в різних освітніх напрямках. Показано застосування 3D друку в Чернівецькому багатопрофільному ліцеї № 4 при проведенні гурткової роботи "Основи робототехніки", де учні мають можливість ознайомитися з технологією 3D друку у процесі реалізації дослідницького навчального STEM проекту. Досліджено використання даної технології на уроках інформатики учнями 9-х класів при вивченні теми 3D графіку. Наведено основні цілі подальшого впровадження технології 3D друку в освітньому процесі.

**Ключові слова:** технологія 3D друку, STEM лабораторія, 3D принтер.

**Summary.** The article examines the use of 3D printing technology in the educational process. The research of modern scientists in the field of 3D technologies was analyzed and the range of applications of 3D printing in various educational areas was

expanded. The use of 3D printing in the Chernivtsi multidisciplinary Lyceum No. 4 during the group work "Fundamentals of Robotics", where students have the opportunity to get acquainted with 3D printing technology, in the process of implementing a research educational STEM project is shown. The use of this technology in computer science lessons by 9th-grade students when studying the topic of 3D graphics was studied. The main goals of further implementation of 3D printing technology in the educational process are given.

**Key words:** 3D printing technology, STEM laboratory, 3D printer.

**Мета:** обґрунтувати актуальність запровадження 3D технологій в освітній процес для ефективної реалізації формування інформаційної компетентності сучасних учнів.

**Постановка проблеми в загальному вигляді.** У XXI столітті все більше країн усвідомлюють, що науково-технічний талент є досить важливим показником для оцінки національної конкурентоспроможності, і він вимагає від людей доступу до нових знань і навичок для швидкого вирішення складних проблем. Тому необхідно створити та розширити можливості для всіх

дітей отримати таку освіту, яка дасть їм змогу орієнтуватися і керувати світом XXI століття, який вони отримають у спадок. Для процвітання в нашу епоху, орієнтовану на технології, учням потрібно надавати підтримку у формуванні своїх навичок у галузі науки, техніки, інженерії та математики (STEM). Освітня практика показує, що STEM освіта може допомогти розвинути у здобувачів освіти науково-дослідницьку здатність, інноваційну свідомість, критичне мислення, вправне використання інформаційних технологій та інші необхідні навички для майбутнього. Вона відіграє важливу роль у житті та роботі учня. Із зростанням попиту на фахівців у галузі STEM уряди усього світу просувають STEM освіту як важливий зміст початкової та середньої школи.

Розвиток STEM освіти в Україні сьогодні впевнено набирає обертів. Про це свідчить ухвалення урядом низки нормативно-правових документів, які забезпечують ефективність діяльності галузі: схвалення Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM освіти) (*Концепція розвитку природничо-математичної освіти...*) та Плану заходів щодо реалізації Концепції розвитку STEM-осв-

іти до 2027 року (*План заходів щодо реалізації концепції розвитку stem-освіти...*); затвердження Типового переліку засобів навчання та обладнання для навчальних кабінетів і STEM лабораторій.

До основних складових STEM освіти важливо також залучати і сучасні галузі, що нині швидко розвиваються. До таких напрямів належать робототехніка та 3D технології. Останнім часом 3D друк в освіті набув широкої популярності. Усупереч тому, що 3D друк є порівняно новим на освітньому просторі, усе більше 3D принтерів та його застосовують знаходять своє місце в навчанні та побуті. Тому активізувалась потреба розкрити можливості технології 3D друкування і застосування їх у різних сферах освітньої діяльності.

#### Аналіз досліджень і публікацій.

Багато українських і зарубіжних науковців досліджували застосування 3D друку в освітніх галузях. У роботі (Yuyang Sun, Qingzhong Li, 2018) авторами досліджено формування моделі "STEM+" освіти за допомогою 3D друку та аналіз інтеграції інноваційної освіти, а також додатково наводиться схема реалізації конкретної навчальної програми, яка є довідкою для навчання.

Для учнів початкової школи розроблено модельний курс, орієнтований на тривимірний друк, і досліджено ефективність його навчання (Chiung-YiHuang, Jen ChunWang, 2022). Робота в основному проводилася за допомогою вивчення дії і доповнювалася даними, отриманими шляхом спостереження за учасниками та аналізу контенту. Учасниками були учні п'ятого класу початкової школи в Тайвані, і дослідження проводилося протягом двох семестрів. У результаті встановлено, що комп'ютерне малювання з використанням 3D друку є потужним інструментом, який може допомогти учням зрозуміти концепції, надати їм можливість продемонструвати свою творчість і викликати мотивацію до навчання.

У статті (Arvanitidi, Drosos, Theocharis, Papoutsidakis, 2019) представлено технологію 3D друку та її застосування в освіті. Зокрема, запропонована освітня програма навчання тривимірного друку для освітян, яка базувалася на філософії програм осві-

іти для дорослих.

С. Форд і Т. Міншалл (Ford, Minshall, 2019) досліджували застосування 3D друку у школах, університетах, бібліотеках і спеціальних закладах освіти. Ними визначено та описано шість категорій використання: (1) для навчання студентів 3D друку; (2) навчання викладачів 3D друку; (3) як допоміжна технологія під час навчання; (4) створення артефактів, які допомагають навчанню; (5) створення допоміжних технологій; та (6) підтримання інформаційної діяльності.

Р. Ємельянов, К. Гавриленко проаналізували програмні і технічні засоби 3D технологій, які можна використовувати в освітньому процесі. Ними виокремлено типізацію засобів інформаційних технологій за такими показниками: способом реалізації інформаційних технологій; ступенем охоплення завдань управління; класом реалізації технологічної операції; типом користувацького інтерфейсу за побудовою мережі інформаційних технологій (Ємельянов, Гавриленко, 2018).

Питанням з'ясування можливостей використання робототехніки та 3D технологій в умовах розвитку STEM освіти присвячена праця (Strutynska, 2019). У статті наведено приклади інтеграції 3D технологій і робототехніки в науці й техніці. Окреслено шляхи застосування робототехніки та 3D технологій у навчальному процесі, зокрема, через проєктну діяльність.

3D друк знайшов своє примінення у медицині (AbouHashem, Dayal, Savanah, Strkalj, 2015), (Schubert, Langeveld, Donoso, 2016), хімії (Zhang, Cummings, Dulay, 2022), харчовій промисловості (Liu, Zhang, Bhandari, Wang).

**Виклад основного матеріалу дослідження.** 3D технології міцно закріпились у світі комп'ютерної індустрії. Тривимірне моделювання стало невід'ємною частиною інженерного проєктування можливих технічних пристроїв, архітектурно ландшафтного дизайну і, звичайно ж, сфери розваг.

3D друкування – це адитивна технологія (additive technology). Адитивні технології – одна з форм технологій адитивного виробництва (additive manufacturing), за допомогою якої тривимірний об'єкт створюється шля-

хом накладання послідовних шарів матеріалу (процес друкування або вирощування). Друкування здійснюється за допомогою спеціального пристрою – 3D принтера, за допомогою якого можна створити тривимірний об'ємний об'єкт цифрової комп'ютерної моделі шляхом послідовного накладання пластичного матеріалу. 3D принтери швидші, доступніші й простіші у використанні, ніж інші технології адитивного виробництва.

Аналізуючи дослідження сучасних науковців у сфері 3D технологій, хочемо розширити спектр застосування 3D друку в різних освітніх напрямках.

Сьогодні важливість включення 3D друку до закладів освіти підтверджено наказом МОН України № 574 "Про затвердження типового переліку засобів навчання та обладнання для навчальних кабінетів і STEM-лабораторій".

Чернівецький багатопрофільний ліцей № 4 отримав STEM-лабораторію з фізики, у складі якої є набори робототехніки та 3D друку, елементи для уроків математики. У закладі працює гурток "Основи робототехніки" для учнів 5–6 класів, котрі ознайомлюються з технологією 3D друку у процесі реалізації дослідницького навчального STEM проєкту. У комплект STEM лабораторії входить 3D принтер з набором еко-пластику, матеріал з моделями для друку деталей робота, які підключаються до плати Arduino Uno, магніти тощо. Учні самостійно розробляють моделі та складові елементи для роботів на сайті <https://www.tinkercad.com/> також деякі 3D-моделі можна завантажити на сайтах з вільним доступом. Для реалізації дослідницьких проєктів з 3D технологій та робототехніки пропонується використовувати матеріали відкритих платформ з 3D друкування та робототехніки. Однією з таких є відкрита платформа **Thingiverse.com**.

Дослідницькі проєкти передбачають дизайн, друк частин робота на 3D принтері, збірку та програмування робота на базі платформи Arduino Uno. Робота в дослідницькому проєкті розпочинається з його розробки та друкування деталей робота на 3D принтері. Учасники проєкту друкують корпус, панелі, колісні диски та

покришки, які попередньо завантажені або створені самостійно.

Для збірки робота також використовуються електронні на суміжні плати: Arduino Uno, bluetooth модуль, перемикач, LEDs, тримач для 4xAA батарейок, спінові з'єднувачі, термозбіжна трубка, пластиковий хомут тощо.

Після вдалої збірки використовується процес програмування робота за допомогою онлайн вебредактора Arduino ([www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)). Далі – перевіряється правильність написаної програми.

Дані проекти залучають учнів до групової роботи. Вони проявляють свою креативність та творче мислення, з великою зацікавленістю виконують поставлені завдання. Комплексний підхід до дослідницького проекту уміщує всі етапи складових STEM та забезпечує всебічний розвиток відвідувачів гуртка.

Також з технологіями 3D друкування ознайомлюються і активно використовують й інші учні ліцею. Так, учні 9-х класів на уроках інформатики, вивчаючи тему 3D графіку, мають можливість не лише створити проєкт у ході практичної роботи, але й побачити його реалізацію насправді. Вони ознайомлюються з онлайн-середовищем для створення 3D моделей <https://www.tinkercad.com/> і програмним пакетом для розроблення тривимірної комп'ютерної графіки Blender. Вчать ся працювати в цих середовищах, створювати 3D моделі, розглядають специфіку побудови зображення, текстури, продумують не лише дизайн, але й формують такі проєкти, що можна роздрукувати й зібрати опісля – різнокольорові, рухомі елементи тощо. Учні надана можливість роздрукувати власну 3D модель, тому вони з творчим запалом підійшли до виконання такого завдання. У результаті всі були дуже захоплені своїми роботами, цікаво виконувати завдання й отримати модель, яку самі ж і створили.

Нами проведено експеримент у 9-А класі. На уроці інформатики учні поділені на дві групи: у І-й – навчається 13, у ІІ-й – 14 осіб. При вивченні розділу 3D графіку в І-й групі всі уроки проведені з використанням 3D принтера, а у ІІ-й – ознайомлення з

темою не супроводжувалося застосуванням 3D принтера. При проведенні уроків в учнів, де використовувався 3D принтер, був підвищений інтерес до вивчення даної теми порівняно з іншою групою, про що свідчать отримані дані (І група: якість знань – 92%, ІІ група – 71%). Таким чином, використання 3D принтера на уроці інформатики допомагає учням краще засвоїти навчальний матеріал, проявити креативність і творче мислення. Відбувається не лише теоретичне використання та сухе засвоєння матеріалу. Учні бачать весь процес роботи: від створення комп'ютерної моделі до виводу на друк, що є головним впровадження STEM проєктів.

3D принтер став у нагоді при проведенні міського конкурсу бізнес-ідей серед учнів 10-х класів під керівництвом учителя географії. Вони розробили проєкт і надрукували емблеми для світловідбивачів на одяг, брилки, що надзвичайно актуально. Така форма роботи демонструє наступність у викладанні матеріалу для учнів ліцею, показує креативність і творчий підхід, використання набутих знань для розв'язування життєвих задач.

Отже, застосування 3D принтера на уроках підвищує сприйняття нового матеріалу учнями, проявляє зацікавленість їх до процесу навчання, закладає теоретичні і практичні навички сучасної технології 3D.

Розглядаємо спектр використання 3D друку і в інших освітніх напрямках. Так, плануємо реалізувати проєкти та надрукувати наочність для:

біології – існує багато анатомічних моделей, які можна завантажити з Інтернету та роздрукувати. Ця фізична модель допоможе учням краще зрозуміти структуру, одночасно показати більш практичне застосування теорії, яку вони вивчають на уроці. Таким чином, можна детально розглянути будову тварини, органа, скелету;

хімії – друк молекул і різних хімічних структур;

математики – моделі фігур для легшого обчислення довжини сторін, площі поверхні, розгляду перерізів.

Отже, 3D-принтер стане справжнім помічником будь-якого вчителя та чудовим доповненням навчального матеріалу. До переваг 3D друку можна віднести: активне на-

вчання; заохочення розуміння реального світу; розширення освітнього процесу; розвиток просторового мислення; підвищення цифрової взаємодії; підготовка учнів до майбутнього; підвищення обчислювального мислення; створення нових навчальних матеріалів.

Учні найкраще навчаються завдяки взаємодії та можливості практичного застосування: роблячи, а не читаючи книгу, чи слухаючи теоретичний матеріал. Таким чином, 3D-принтери – прекрасний спосіб розгорнути досвід навчання та надати більше практичного досвіду. За допомогою 3D-принтерів учителі можуть створювати заходи, які трансформують навчальні концепції від теоретичних до практичних.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Використання 3D технологій в освітньому процесі закладів освіти різного рівня дозволить підвищити доступність і якість освіти за рахунок можливості фізичної реалізації досліджуваних об'єктів, розробки конструкції робочих проєктів, оцифровки існуючих деталей і механізмів для модернізації їх структури, а також підвищення наочності навчально-методичних матеріалів.

Перспективним для сприяння інтеграції технологій 3D друку у школу вважаємо розробку віртуальної платформи, де вчителі й науковці-методисти зможуть обмінюватися досвідом та освітньою діяльністю, публікувати, завантажувати й підбирати дидактичні завдання. Аналог такої платформи в рамках проєкту Roteco описано в (*Negrini, Mury, Moonnee, 2021*).

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти). Відновлено з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text>

План заходів щодо реалізації концепції розвитку stem-освіти до 2027 року. Відновлено з <https://mon.gov.ua/ua/news/opriyludneno-plan-zahodivshodo-realizaciyi-koncepciyi-rozvitku-stem-osviti-do-2027-roku>

Yuyang Sun, Qingzhong Li. (2018). The application of 3D printing in STEM education. 2018 IEEE International

Conference on Applied System Invention (ICASI), 13–17, April 2018, Chiba, Japan, Accession Number: 17875591. DOI: 10.1109/ICASI.2018.8394476

Chiung-YiHuang, Jen Chun Wang. Effectiveness of a three-dimensional-printing curriculum: Developing and evaluating an elementary school design-oriented model course. *Computers & Education*, 187. Article ID 104553. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104553>

Arvanitidi, E., Drosos, C., Theocharis, E., Papoutsidakis, M. 2019. 3D Printing and Education. *International Journal of Computer Applications*, 24, 55–59. DOI: 10.5120/ijca2019919711

Ford, S., Minshall, T. (2019). Where and how 3D printing is used in teaching and education. *Additive Manufacturing*, 25, 131–150. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.10.028>

AbouHashem, Y., Dayal, M., Savanah, S., Strkalj, G. (2015). The application of 3D printing in anatomy education. *Medical education*, 20, 1, Article: 29847. DOI: <https://doi.org/10.3402/meo.v20.29847>

Schubert, C., van Langeveld, M. C., Donoso, L. A. (2014). Innovations in 3D printing: a 3D overview from optics to organs. *British Journal of Ophthalmology*, 2, 159–161. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/bjophthalmol-2013-304446>

Zhang, T., Cummings, M., Dulay, M. (2022). An Outreach/Learning Activity for STEAM Education via the Design and 3D Printing of an Accessible Periodic Table. *American Chemical Society and Division of Chemical Education*, 10, 3355–3359. DOI: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.2c00186>

Liu, Z., Zhang, M., Bhandari, B., Wang, Y. (2017). 3D printing: Printing precision and application in food sector. *Trends in Food Science & Technology*, 69, 83–94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.08.018>

Negrini, L., Mury, S. R., Moonnee, D. (2021). A Robotic Teacher Community to Foster the Integration of Educational Robotics in School. In: Lepuschitz, W.,

Merdan, M., Koppensteiner, G., Balogh, R., Obdrzalek, D. (Eds.). Robotics in Education. RiE 2020. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1316. Retrieved from [https://doi.org/10.1007/978-3-030-67411-3\\_32](https://doi.org/10.1007/978-3-030-67411-3_32)

Смельянов, Р. С., Гавриленко, К. О. (2018). Впровадження навчання з використанням 3-D технологій. *Наукові записки молодих учених*, 2, 7.

Strutynska, O. (2019). Використання робототехніки та 3D технологій в умовах розвитку stem освіти. *Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету*, 7, 96–109. DOI: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2019.7.10>

#### REFERENCES

Kontsepsiya rozvytku pryrodnycho-matematychnoyi osvity (STEM-osvity). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text>

Plan zakhodiv shchodo realizatsiyi kontsepsiyyi rozvytku stem-osvity do 2027 roku. Retrieved from <https://mon.gov.ua/ua/news/oprylyudnenoplan-zahodiv-shodo-realizatsiyi-koncepciyi-rozvitku-stem-osviti-do-2027-roku>

Yuyang, Sun, Qingzhong, Li. (2018). The application of 3D printing in STEM education. *2018 IEEE International Conference on Applied System Invention (ICASI)*, 13–17 April, Chiba, Japan, Accession Number: 17875591 DOI: 10.1109/ICASI.2018.8394476

Chiung-YiHuang, Jen, ChunWang. (2022). Effectiveness of a three-dimensional-printing curriculum: Developing and evaluating an elementary school design-oriented model course. *Computers & Education*, 187, Article ID 104553. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104553>

Arvanitidi, E., Drosos, C., Theocharis, E., Papoutsidakis, M. (2019). 3D Printing and Education. *International Journal of Computer Applications*, 24, 55–59. DOI: 10.5120/ijca2019919711

Ford, S., Minshall, T. (2019). Where and how 3D printing is used in teaching and education. *Additive Manufacturing*, 25, 131–150. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.10.028>

AbouHashem, Y., Dayal, M., Savanah S., Strkalj G. (2015). The application of 3D printing in anatomy education. *Medical education*, 20, 1. DOI: <https://doi.org/10.3402/meo.v20.29847>

Schubert, C., van Langeveld, M. C., Donoso, L. A. (2014). Innovations in 3D printing: a 3D overview from optics to organs. *British Journal of Ophthalmology*, 98, 2, 159–161. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/bjophthalmol-2013-304446>

Zhang, T., Cummings, M., Dulay, M. (2022). An Outreach/Learning Activity for STEAM Education via the Design and 3D Printing of an Accessible Periodic Table. *American Chemical Society and Division of Chemical Education*, 10, 3355–3359. DOI: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.2c00186>

Liu, Z., Zhang, M., Bhandari, B., Wang, Y. (2017). 3D printing: Printing precision and application in food sector. *Trends in Food Science & Technology*, 69, 83–94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.08.018>

Negrini, L., Mury, S. R., Moonnee, D. (2021). A Robotic Teacher Community to Foster the Integration of Educational Robotics in School. In: Lepuschitz, W., Merdan, M., Koppensteiner, G., Balogh, R., Obdrzalek, D. (Eds.). Robotics in Education. RiE 2020. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1316. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-67411-3\\_32](https://doi.org/10.1007/978-3-030-67411-3_32)

Yemelyanov, R. S., Havrylenko, K. O. (2018). Vprovadzheniya navchannya z vykorystanniam 3-D tekhnolohiy. *Naukovi zapysky molodykh uchenykh*, 2, 7.

Strutynska, O. (2019). Vykorystannya robototekhniky ta 3D tekhnolohiy v umovakh rozvytku stem osvity. *Vidkryte osvityne e-seredovyshche suchasnoho universytetu*, 7, 96–109. doi: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2019.7.10>(use of robotics and 3d technologies in the conditions of the development of stem education)

Стаття надійшла 28.03.2023 р.